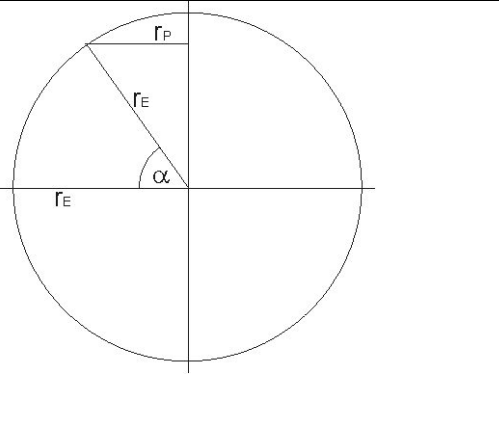


Aufgaben zur Drehbewegung

1. Der Ort Peenmünde auf Usedom (geografische Breite 54°) wurde durch die vor und im Zweiten Weltkrieg durchgeführten Raketenversuche berühmt und berüchtigt. Viele große Raketenpioniere haben unter Leitung von Wernher von Braun an der Entwicklung des Aggregates 4 (A4) gearbeitet. Das A4 wurde später Grundlage aller Weltraumraketen und ist als V2 beim Beschuss von London unrühmlich in die Geschichte eingegangen. Heutige Raketenstartplätze befinden sich immer in der Nähe des Erdäquators, damit die Geschwindigkeit der Erdrotation maximal ausgenutzt wird. Wie groß ist die maximale zusätzliche Geschwindigkeit, die eine Rakete in Peenmünde erhalten würde, wenn die Rakete in Richtung der Erdrotation (Osten) starten würde?
2. Die Spitze des Minutenzeigers einer Turmuhr hat die Geschwindigkeit $1,5 \text{ mms}^{-1}$. Wie lang ist der Zeiger?
3. Das Rad eines Autos dreht sich mit der Drehzahl $n_0 = 10 \text{ s}^{-1}$. Bei einer gleichmäßigen sanften Abbremsung dauert es 30 s , bis das Auto steht.
 - a) Wie viel Umdrehungen macht das Rad noch, bis es zum Stillstand kommt?
 - b) Das Rad hat einen Radius von 30 cm . Wie groß ist dann der Anhalteweg?
 - c) Wie groß war die anfängliche Bahngeschwindigkeit des Autos?
4. Wie viel Umdrehungen pro Minute macht ein Fahrradreifen mit dem Durchmesser 60 cm bei einer Geschwindigkeit von 20 km/h ?
5. Ein Rad drehe sich zunächst mit einer Winkelgeschwindigkeit $\omega_0 = 4 \text{ s}^{-1}$ und werde dann mit einer Winkelbeschleunigung $\alpha = 2 \text{ s}^{-2}$ fünf Sekunden lang beschleunigt.
 - a) Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit nach der Beschleunigung?
 - b) Wie viel Umdrehungen wurden in den fünf Sekunden durchgeführt?

Lösungen

1.

geg.:	$r_E = 6370 \text{ km}$ $T = 24 \text{ h}$ $\alpha = 54^\circ$	ges.:	v
Lösung:	<p>Die gesuchte Geschwindigkeit ist die Bahngeschwindigkeit eines Punktes im Abstand r_p von der Erdachse. Der Winkel α, die geographische Breite, taucht als Wechselwinkel noch einmal zwischen den Radien r_E und r_p auf. Damit wird:</p> $\cos \alpha = \frac{r_p}{r_E}$ $r_p = \cos \alpha \cdot r_E$ $r_p = 3745 \text{ km}$		
<p>Das heißt, Peenemünde liegt 3745 km über der Erdachse. Während einer Erdumdrehung wird dabei ein Weg von $s = 2\pi r_p$ zurückgelegt. Die Geschwindigkeit berechnet sich dann:</p> $v = \frac{s}{t}$ $v = \frac{2\pi \cdot r_p}{T}$ $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot 3745 \cdot 10^3 \text{ m}}{24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}}$ $v = 272,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $v = 980,4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$			
Antwort:	In Peenemünde erhält eine Rakete eine zusätzliche Geschwindigkeit von 272 m/s.		

2.

geg.:	$v = 1,5 \text{ mm s}^{-1}$ $t = 60 \text{ min}$	ges.:	r
Lösung:	Die Zeit ergibt sich aus der Dauer einer Umdrehung des Minutenzeigers: er braucht genau 1 Stunde = 60 min für eine volle Umdrehung. Für die gleichförmige Drehbewegung gilt: $v = \frac{s}{t}$ $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ $r = \frac{v \cdot T}{2 \cdot \pi}$ $r = \frac{1,5 \text{ mm s}^{-1} \cdot 3600 \text{ s}}{2 \cdot \pi}$ $r = 859 \text{ mm}$ $r = 86 \text{ cm}$		
Antwort:	Der Zeiger ist 86 cm lang.		

3.

geg.:	$n_0 = 10 \text{ s}^{-1}$ $t = 30 \text{ s}$ $r = 0,3 \text{ m}$	ges.:	a) n b) s c) v_0
Lösung:	a) Es ist eine gleichmäßig verzögerte Kreisbewegung. $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot n_0$ $\omega_0 = 62,8 \text{ s}^{-1}$ (Winkelgeschwindigkeit) $\alpha = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ $\alpha = \frac{62,8 \text{ s}^{-1}}{30 \text{ s}}$ $\alpha = 2,1 \text{ s}^{-2}$ (Winkelbeschleunigung) $\sigma = \frac{\alpha}{2} \cdot t^2$ (da bis zum Stillstand abgebremst wird) $\sigma = 945 \text{ rad}$ $\sigma = 54 144^\circ$ entspricht <u>150 Umdrehungen</u> b) Weg = Umfang des Rades mal Umdrehungen $s = u \cdot n$ $s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$ <u>$s = 284 \text{ m}$</u> c) $s = 189 \text{ m}$ (Umfang des Rades) $t = 10 \text{ s}^{-1}$ $v = \frac{s}{t}$ $v = 18,9 \text{ m/s}$ <u>$v = 68 \text{ km/h}$</u>		
Antwort:	a) Das Rad macht noch 150 Umdrehungen. b) Der Anhalteweg beträgt 284 m. c) Die Geschwindigkeit des Autos betrug 68 km/h.		

4.

geg.:	$t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $d = 0,6 \text{ m}$ $v = 20 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 5,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	ges.:	n
Lösung:	<p>Die Drehzahl ist der Kehrwert der Zeit für eine Umdrehung. Beispiel: Braucht das Rad für eine Umdrehung 2 Sekunden, kann es in einer Sekunde eine halbe Umdrehung machen. Benötigt es nur eine halbe Sekunde, schafft es in einer Sekunde zwei Umdrehungen. Also:</p> $n = \frac{1}{T}$ <p>Das Fahrrad fährt mit einer gleichbleibenden Geschwindigkeit, also gilt:</p> $v = \frac{s}{t}$ <p>Nimmt man als zurückgelegten Weg s genau eine Umdrehung, also den Umfang des Rades, kommt man zu:</p> $v = \frac{\pi \cdot d}{T}$ <p>oder</p> $v = \pi \cdot d \cdot n$ $n = \frac{v}{\pi \cdot d}$ $n = \frac{5,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi \cdot 0,6 \text{ m}}$ $n = 2,95 \frac{1}{\text{s}}$ <p>Das Rad schafft also 2,95 Umdrehungen pro Sekunde. Das sind 177 Umdrehungen in einer Minute.</p>		
Antwort:	Das Rad mach 177 Umdrehungen in einer Minute.		

5.

geg.:	$\omega_0 = 4 \text{ s}^{-1}$ $\alpha = 2 \text{ s}^{-2}$ $t = 5 \text{ s}$	ges.:	ω_a n
Lösung:	<p>a) Die Berechnung erfolgt wie bei der geradlinigen Bewegung, die Winkelgeschwindigkeit entspricht der Geschwindigkeit, die Winkelbeschleunigung der Beschleunigung. Bei der geradlinigen Bewegung gilt:</p> $v = a \cdot t + v_0$ <p>Für die Rotation gilt dem zufolge:</p> $\omega = \alpha \cdot t + \omega_0$ $\omega = 2 \text{ s}^{-2} \cdot 5 \text{ s} + 4 \text{ s}^{-1}$ $\omega = 14 \text{ s}^{-1}$ <p>Der zurückgelegte Weg der Translation findet seine Entsprechung im Drehwinkel der Rotation:</p> $\sigma = \frac{\alpha}{2} \cdot t^2 + \omega_0 \cdot t + \sigma_0$ $\sigma = \frac{2 \text{ s}^{-2}}{2} \cdot 5^2 \text{ s}^2 + 4 \text{ s}^{-1} \cdot 5 \text{ s} + 0$ $\sigma = 45 \text{ rad}$ <p>Das Ergebnis erhält man im Bogenmaß, also mit der Einheit rad, die aber meistens weg gelassen wird. Es gilt:</p> $1 \text{ rad} = 57,296^\circ$ <p>Damit dreht sich das Rad um $2578,32^\circ$. Das sind etwa 7 Umdrehungen.</p>		
Antwort:	<p>Nach der Beschleunigung beträgt die Winkelgeschwindigkeit 14 s^{-1}. Das Rad dreht sich während der Beschleunigung 7 mal.</p>		